

〔技術資料〕

電子天秤オンラインシステムの製作

Developing an electronic balance online system

秋月 祐司* 竹生田 克巳* 長谷川 隆*

Hiroshi AKIZUKI Katsumi TAKOUDA and Takashi HASEGAWA

1. 緒 言

従来、当センターにおける重量分析は、天秤の指示値を測定用紙に記入したのち、ポケットコンピュータで計算を行うという人手に頼った方法で行われていた。しかし、組織の改変による分析業務の集約化に伴い、分析データに対する信頼性の向上と作業の効率化を同時に図る必要性が生じた。そこで、電子天秤とパーソナルコンピュータをオンラインで接続し、データ処理を行うシステムを製作した。JESC-EBOLS.1と命名した本システムは、ごみ、焼却残渣、活性汚でい、水質などの分析に用いるルツボを始め、懸濁物質測定用のガラス繊維ろ紙、ばいじん測定用の円筒ろ紙の重量管理、並びにごみ質（ごみの種類組成、水分、灰分及び発熱量などを一括して「ごみ質」という）や灰質（焼却残渣の水分や熱しゃく減量などを一括して「灰質」という）の計算を行う、約4,500ステップに及ぶ大きなシステムである。本稿では、このうちごみと焼却残渣の熱灼減量を測定、計算するシステムを中心に紹介する。

2. 導入の経緯

従来、当センターで行われていた、熱灼減量の分析手順をフローシートに表すと、図-1のようになる。この手順においては、ルツボの重量（小数点を含めて7～8桁）の転記作業や、コンピュータへの入力作業が1試料の分析に当たって7回必要である。ごみ分析においては、ごみを6つの種類組成に分類し、このうち「不燃物（ガラスや金属など）」を除く5つの組成毎に熱灼減量を測定し、これらの加重平均をごみの熱灼減量（ごみ分析においては、通常

「可燃分」と表現している。）としている。また、焼却残渣の分析においても、3回の平行測定を行い、その平均値を焼却残渣の熱灼減量としている。したがって、ごみや焼却残渣1検体当りの分析において必要となる転記作業等は、ごみの分析で7回×5組成=35回、焼却残渣の分析で7回×3回平行測定=21回となる。

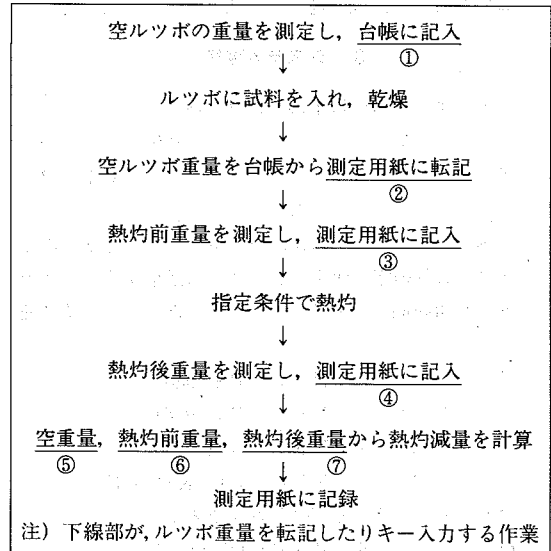


図-1 従来の熱灼減量測定手順

数値の転記を手作業で行う場合、作業自体に要する時間よりも、誤記入などのいわゆる「うっかりミス」が分析の信頼性に与える影響が問題となる。この「うっかりミス」の出現率を求めるため、昭和63年1月から同年8月までに焼却残渣測定用のルツボの空重量を記録した台帳を調査した。記載されているルツボの総数は627、このうち繰り返し使用されているものについて、同一ルツボに関する前回の測定値との重量差を求めた。その結果、大多数の測定値

* 勸日本環境衛生センター 公害部 分析試験課
 Department of Environmental Pollution, Japan
 Environmental Sanitation Center

が前回の測定値の±10mg以内に納まっていることがわかった。(すなわち、繰り返しの使用に伴うルツボの重量変動は、ほとんどない。)そして前後の測定値から考えて、異常と認められる測定値が6例発見された。このうち3例は明らかに数字の書き間違い(1と7など字体の似た数字の書き間違いや、45と54など順序の書き間違いなど)による「うっかりミス」と考えられた。また、残りの3例は、同一測定日に連続して出現することから一時的に天秤の零点が狂ったものと考えられた。すなわち、「うっかりミス」の出現率はおよそ0.5%であり、一般的に指摘される値と一致している。

ひとつひとつの重量の転記にともなう、「うっかりミス」の確率は低くても、ごみや焼却残渣の分析には前述のように多数回の転記が必要であり、結果的には「うっかりミス」によって測定値の信頼性はかなり低下することになる。当センターにおけるごみや灰の検体数がここ数年、それぞれ200検体、400検体を超えている実情を考慮すると、この転記に伴う誤りを解消し、同時に重量測定効率化を図ることが急務となってきた。そのためには、電子天秤とコンピュータをオンラインで接続し、データ処理を行うのが時代の趨勢でもあり、最も適当な方法と考えられた。

3. システム環境

ハードウェア環境は以下のとおりである。

電子天秤：メトラー AE-200

インターフェース：メトラー オプション011+フットスイッチ

本インターフェースは、フットスイッチを踏んだときに、天秤の指示値をRS-232Cに送信する。転送速度は2,400bps、パリティチェックは偶数パリティで使用。

C P U：NEC PC-9801

ディスクユニット：NEC PC-9881

プリンタ：NEC NM-9300

ディスプレイ：NEC PC-KD551K

ソフトウェア環境は以下のとおりである。

O S：MS-DOS ver 3.10

使用言語：dBASEIII plus ver 2.1J

使用言語については、電子天秤との通信のしやすさや、計算速度の高速性から、当初は、BASICやPASCALなど的高级言語で記述することを考えた。しかし、データファイルの保守性の良さ、他のシステムとのデータの共有性、及び今後の拡張のしやすさなどを考慮して、最終的には、MS-DOS上で動作するdBASEIII plusを選択することになった。なお、dBASEIII plusには、RS-232Cからデータを直接受け取る機能がないため、ハンドラを機械語で

作成した。

4. 本システムの概要

本システムは、11のプログラムよりなっており、これを概念的に図示すると図-2のようになる。すなわち、①ルツボ重量等管理ブロック(各分析段階のルツボ等の重量を測定・管理し、熱しゃく減量等を計算するブロック)、②発熱量ブロック(ごみの発熱量を測定するための試料分取量を管理するブロック)、並びに③演算ブロック(①及び②のブロックによって計算、記録されたデータを用いてごみ質や灰質を計算するブロック)の、3大ブロックよりなっている。

5. チェックシステム

本システムの導入により、ルツボ重量などの生データについては測定用紙などへの転記作業が不要となり、数値の読み違いや転記間違いは解消されるが、最も警戒しなくてはならないのは、ルツボやろ紙の取り違い事故である。そこでその防止対策として、本システムの計画段階では、バーコードリーダやOCR(文字読み取り装置)の導入も検討されたが、いずれも現実性が薄く、いくつかの簡単なチェックシステムを複合して採用することとした。

ルツボの場合では、以下に示す4種類のチェックを行う。

1) チェックデジットコード

ルツボは、2~3桁の通し番号で識別されるが、ルツボ番号を入力する際、「56」と入力すべきところを誤って「57」と入力した場合、57番のルツボが存在すれば、56番のルツボのデータが正しく書き込まれないばかりか、57番のルツボのデータも書き換えてしまうことになる。そこでルツボ番号に、1桁のチェックデジットコードを付加した。チェックデジットコードは、通し番号の各桁を合計し、その答の1位の数値とした。例えば、通し番号が「56」であればチェックデジットコードは1となり、ルツボ番号は「561」となる。これにより、「561」と入力すべきところを誤って「571」と入力しても、そのようなチェックデジットコードが整合しない番号のルツボは存在しないから、先ほどのような事故は起こり得ないことになる。

このチェックデジットの計算方法は簡便である反面、いわゆるトランスポジションエラーが検出できない。すなわち、数字の順序が入れ替わってもチェックデジットコードが同じになる(先の例では通し番号が65でもチェックデジットコードは1となる)欠点を持つ。もちろん、一般に用いられているチェックデジットコードの計算方法によれば、トランスポジションエラーは検出できるが、あえてこの方法を採用したのは、こ

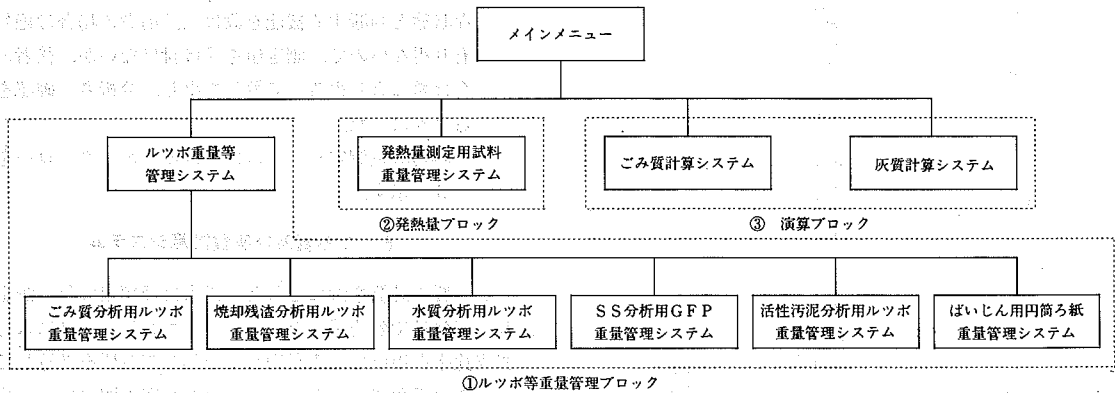


図-2 プログラムブロック

ードが暗算で計算できるため、不正な番号の入力によってエラーが生じた場合でも、その原因がすぐに判明することから、コンピュータシステムに不慣れな人が使った場合にも、心理的な拒否感をあまり与えずにすむ効用を期待したためである。また、エラー検出力に関しても、他のチェックシステムと組み合わせることにより、十分な検出能力を持つものと考えられる。

なお、コードチェックは、新規にルツボを登録するときのみ行い、通常分析段階では行わない。チェックデジットが整合しないルツボはデータファイルに存在しないから、入力された番号のルツボを探すだけで、コードチェックを行ったのと同じ効果を持つからである。

また、ルツボ番号は、日本金液株式会社製の「セラミックマーカ」で記入し、600℃(ごみ分析用ルツボは800℃)で焼成して用いた。

2) 状態フラッグの使用

ルツボ重量管理ファイルの各レコードに、そのルツボの現在の使用状態を示すフラッグフィールドを設け、分析のどの段階におかれているかをチェックすることとした。例えば、現在の状態が、「空」であれば、熱灼後の重量測定はできない。(熱灼後の重量を測定するためには、そのルツボの状態フラッグが「熱灼前」であることが必要である。)

3) 前回測定重量との差

空重量を測定する場合、そのルツボの前の測定値と比較し、その差が定められた管理限界より大きい場合は、警告を出すようにした。管理限界については、本システムが試用段階に入った昭和63年12月中旬より、平成元年3月末日までの測定記録を参考に、以上のように決定した。

この期間の、同一ルツボに関する前回空重量測定値との差を度数分布図に示すと、ごみ分析用ルツボが図

ー3、及び焼却残渣分析用ルツボが図-4のようになる。重量差の平均値は、ごみ分析用ルツボで+4.3mg、焼却残渣分析用ルツボで+0.4mgであり、繰り返し使用により、若干の増加傾向が認められた。重量差の標準偏差は、前者で30.9mg、後者で3.2mgであった。ごみ分析用ルツボは800℃で使用されるため、ルツボへの無機成分の溶着及び脱離が頻繁に起こることから、600℃で使用される焼却残渣分析用ルツボに比較して、重量変動が大きいものと考えられる。

管理限界としては、

$$(\text{重量差の平均値}) \pm (\text{重量差の標準偏差}) \times 3$$

が妥当と考えた。偶然誤差により、管理限界を超える確率は約0.3%である。

しかし、ルツボ重量の増加(トレンド)は、重量差の変動に対して小さいため、重量差の平均値を0とみなすこととし、管理限界は、+側と-側を同一幅とした。すなわち管理限界は、ごみ分析用ルツボについては±100mg、焼却残渣分析用ルツボについては±10mgに設定した。

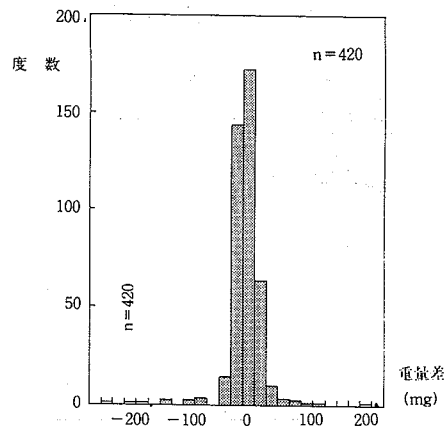


図-3 ごみ分析用ルツボのくり返し使用における重量差

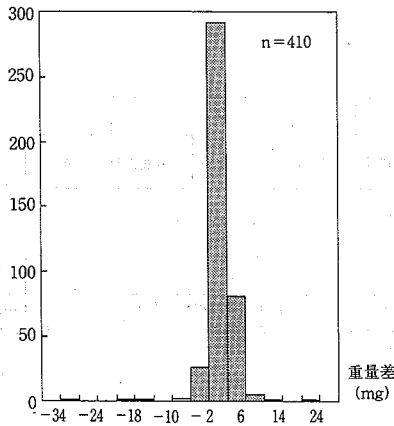


図-4 焼却残渣分析用ルツボのくり返し使用における重量差

4) ロジックチェック

熱灼前の重量が空重量より小さい場合や、熱灼後の重量が熱灼前の重量より大きい場合は、論理的に異常

な状態と判断する機能を設けた。前者の場合は絶対に有り得ないので、測定値を受け付けませんが、後者の場合は希に有り得るので警告を出し、分析者に確認をとるようにした。

熱灼減量測定システムにおけるチェックフローを図-5に示す。

6. ごみ質及び灰質計算システム

ごみ質の計算を例にとると、従来は種類組成毎に測定された発熱量や熱灼減量を、もう一度コンピュータに入力し、組成比率を用いて加重平均して全体のごみ質を計算していた。この手順では、データの入力が2度手間になり、作業効率の低下ばかりでなく、入力ミスによる信頼性の低下を誘引する恐れがあった。

そこで、ルツボ重量管理ファイルに記録された熱灼減量や、発熱量測定用の試料分取量管理ファイルに記録された試料分取量を、ルツボ番号などのキー項目の入力によって

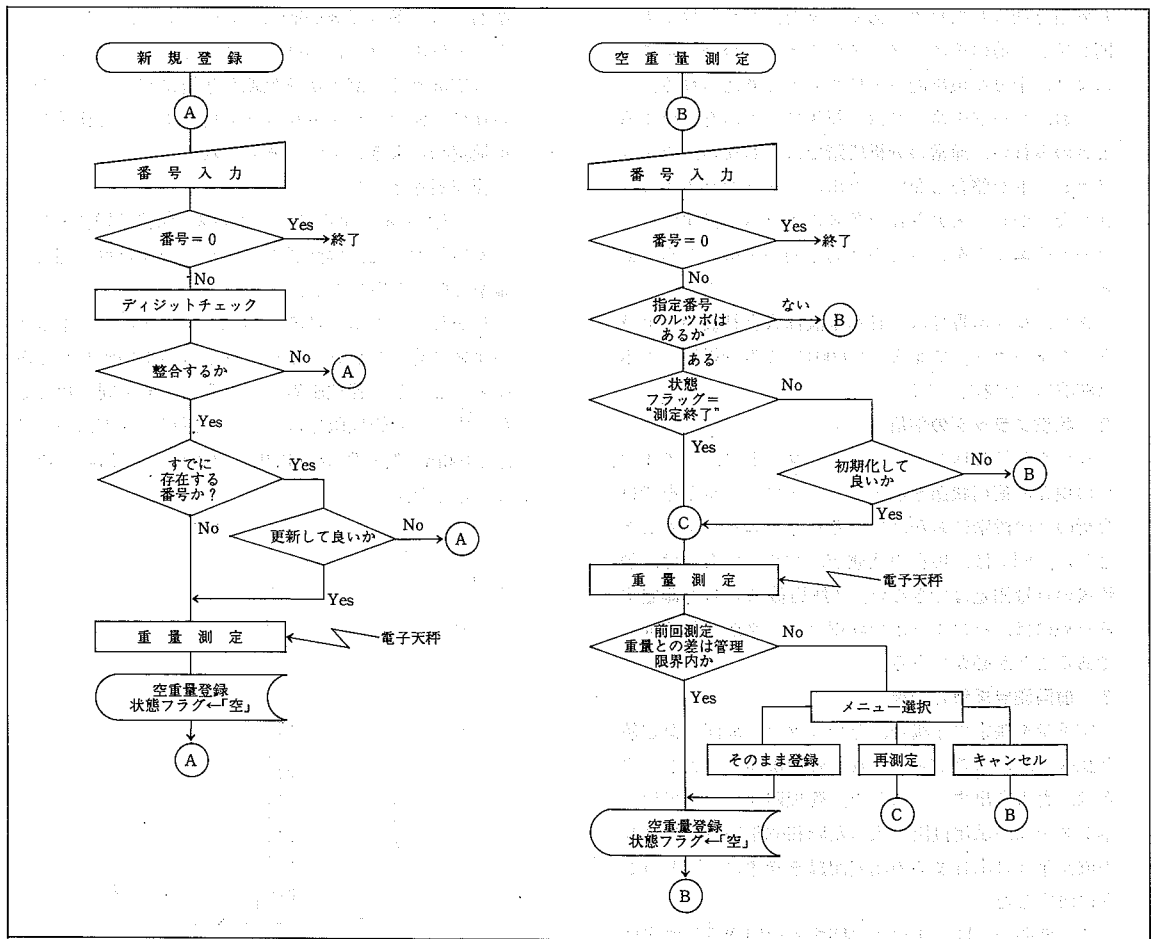


図-5 エラーチェックフロー

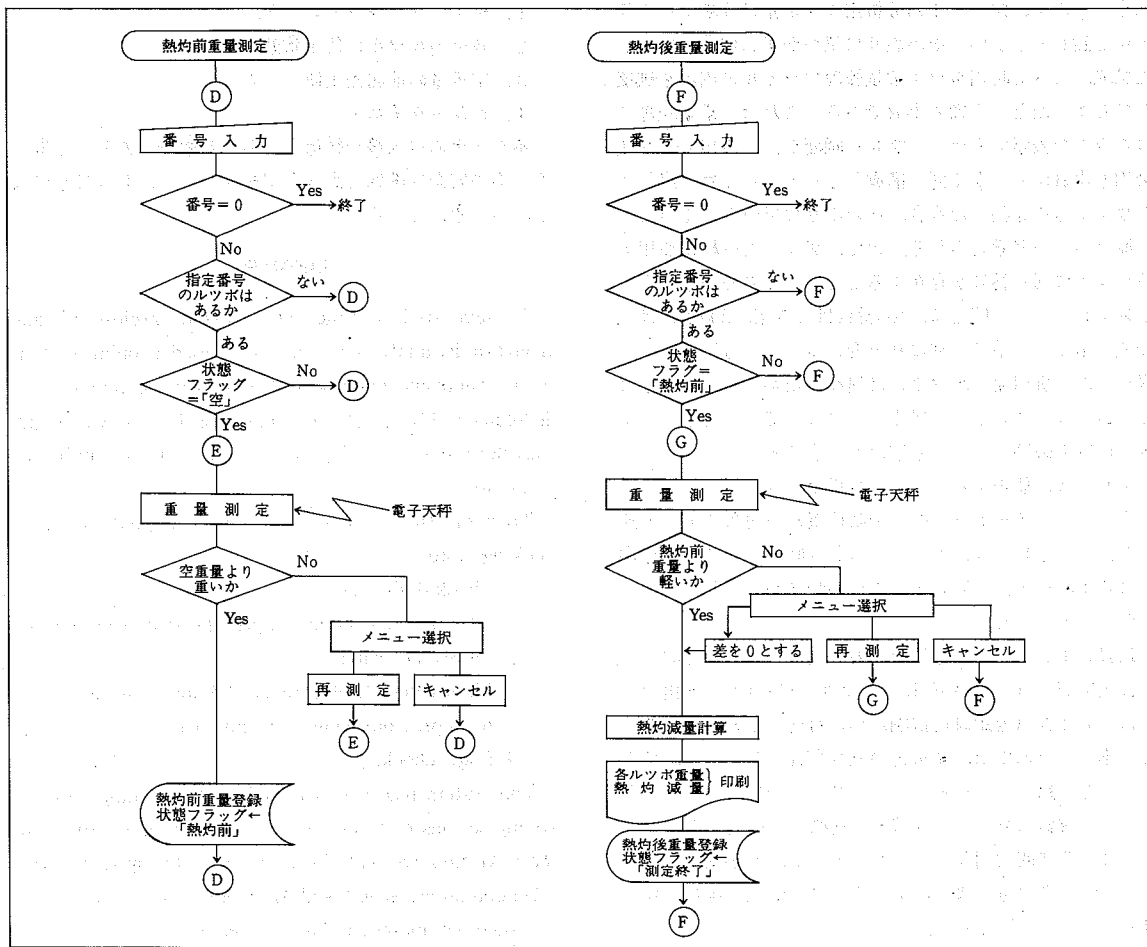


図-5 エラーチェックフロー (つづき)

オンラインで取り出し、ごみ質を計算するシステムを併せて製作した。

このシステムにもいくつかのチェックシステムを組み込み、ルツボの取り違いなどによる計算ミスを最小限に抑えるようにした。

灰質をオンラインで計算するシステムもこれに準じたものである。

7. 成績書発行システムとのリンク

従来、ごみ質や灰質の成績書は、測定用紙に記載された内容をデータベースに手入力し、出力するシステムがとられていた。これもデータ入力の2度手間であり、改善の必要性を感じていた。

幸い、従来の成績書発行システムも主要部分はdBASEIII plusで記述されており、今回開発したシステムとはデータファイルの構造が共通している。このため、成績書発行システムを少し変更するだけで、前述のシステム

で計算されたごみ質や灰質のデータを直接読み込むことが可能となった。

すなわち、ごみと焼却残渣に関しては、分析から成績書の発行に至るまでの一連の作業において、ルツボ重量や試料分取量などの生データの転記作業がほとんど不要となった。これにより、転記作業に要する時間の短縮がなされただけでなく、分析結果に対する信頼性も大幅に向上したものと考えている。

8. 導入後の経過と今後について

本システムが始動して約3カ月半が経過したが、この間の稼働状況はおおむね順調である。これまで、2台の電子天秤を用いなければ消化できなかった分析作業が、1台だけでほぼ消化できるようになったことは、作業効率がかなり向上したことを示している。

その一方で、当初予測しなかった操作ミスによる事故が何度か発生した。それは、焼却残渣分析用ルツボの重量を

測定するのに、誤ってごみ分析用ルツボ重量管理プログラムを起動してしまい、その誤りに気づかずに作業を続行した結果、ごみ分析用ルツボ重量管理ファイルの内容を破壊してしまったという類の事故である。これは、重量管理プログラムで表示するディスプレイ画面が、ごみ用も焼却残渣用も水質用も、全く同じ構成となっているため、誤ってプログラムを起動した場合、その誤りに気づきにくいことが原因の一つと考えられる。また、異なった分析に使用するルツボに同じ番号が存在することも、この種の過ちを犯し易くしている。例えば、100番台はごみ用、300番台は焼却残渣用などと番号の割振りを変えるなどの方法により、異なった分析用途のルツボには異なった番号がつくようにしておけば、このような操作ミスによって、大切なファイルの内容を破壊することも防げるはずである。

多数の人が使用するルーチン分析用のシステムでは、このようなフェイルセーフ的な予防措置が不可欠であると感じた。その意味では、本システム設計時において、誤操作による事故を未然に防止するための配慮が必ずしも十分でなかったと反省している。

最後に本システムの今後の発展方向について少し述べる。使用言語に dBASE III plus を選定した理由の一つに、LAN (近距離通信網) への対応のしやすさがあった。本システムでは、成績書の発行を行うためには、分析データを記録したフロッピーディスクを分析室 (4階にある) から成績書発行室 (5階) へ運搬する必要がある。それに要する時間的問題はともかくとして、不用意なフロッピーディスクの取り扱いによるデータの破壊は現在、最も憂慮している問題である。

そこで将来は、分析用のコンピュータと成績書発行用のコンピュータをLANで接続したいと考えている。これにより、データの安全性は高度に保証される。さらに、分析結果を元に解析を行ったり、報告書を書いたりする部署のコンピュータもLANに組み込むことにより、分析データをより高度に利用できるものと考えている。

9. ま と め

重量分析における信頼性の向上と作業の効率化を図るため、電子天秤とパーソナルコンピュータをオンラインで接続し、データ処理を行うシステムを開発した。本システムの開発に当たって最も留意したのは、ルツボ番号の誤入力によってルツボを取り違える事故を防止することであった。そのために、下記のチェックシステムを採用した。

1. チェックデジットコード。
2. 各々のルツボの使用状態を示すフラッグ。
3. 空重量の前回測定値との差。
4. ロジックチェック

本システム導入後の経過はおおむね順調である。今後は、データの安全性確保と高度利用を図るため、LANを導入したいと考えている。

SAMMARY

To save analysis time and to avoid careless mistake from gravity analysis, we have developed an online system of an electronic balance and a personal computer. In developing this system, we were afraid that we might mistake crucibles by inputing wrong crucible number to computer.

To avoid this kind of trouble, we adopted following cheking system.

1. Check digit code.
2. Situation flag, holding a present process of analysis for each crucible.
3. Limit value, the difference of empty crucible weight from previous weight of same one.
4. Logic check.

The system has been successfully functioning without having serious troubles for more than three months. At the next step, we will aim to connect this system to the other computer, using Local Area Network system, so that we could put analytical data to practical use.

参 考 文 献

- 1) 穂鷹良介: 「データベース入門」, オーム社, (1978)
- 2) 西尾忠彦: 「使いこなすためのdBASEIII 構造化プログラミング」, 日刊工業新聞社, (1987)
- 3) N. Wirth: 「アルゴリズム+データ構造=プログラム」, 日本コンピュータ協会, (1979)
- 4) 岩瀬正幸他: 「PC-9801 マシン語入門」, アスキー出版局, (1985)
- 5) 堀越一雄: 「PC-9800シリーズ マシン語入門」, 電波通信社, (1985)
- 6) 「MS-DOS ver3.1 プログラマーズレファレンスマニュアル」, NEC, (1985)